

## A SZÍVRITMUS-VARIANCIA KUTATÁSA SZARVASMARHÁBAN Irodalmi áttekintés

### 2. közlemény: A szívritmus-variancia kutatások eredményei

KOVÁCS LEVENTE – SZENTLÉLEKI ANDREA – TÖZSÉR JÁNOS

### ÖSSZEFOGLALÁS

Bár az elmúlt évtizedekben az állatok jóllétével kapcsolatos, nem invazív módszereket alkalmazó kutatások egyre inkább előtérbe kerültek, szarvasmarhában – mégis igen kevés publikáció született ebben a tárgykörben. A szerzők. A tanulmány második részében a szívritmus-variancia (HRV) kutatások eddigi eredményeit foglalták össze szarvasmarhában. Megállapították, hogy a HRV stresszindikátorként való alkalmazhatóságát vizsgáló alapkutatásokon kívül a legtöbb állatjólléti kutatásban a különböző betegségek, valamint technológiai és környezeti stresszorok HRV-ben mérhető élettani hatásait vizsgálták. A legfrissebb publikációk a viselkedés és a HRV közötti összefüggésekről is beszámoltak. A kutatások összefoglaló értékelése ugyan kérdéseket vet fel a módszer rutinszerű alkalmazhatóságát illetően, véleményük szerint a HRV vizsgálata a stressz kimutatásának számottevő módszere lehet a szarvasmarhában alkalmazott viselkedéselettani kutatásoknak, akár hazánkban is.

### SUMMARY

*Kovács, L. – Szentléleki, A. – Tózsér, J.: THE RESEARCH OF HEART RATE VARIABILITY IN CATTLE – A REVIEW. PART 2.: SUMMARY OF THE RESULTS OF HEART RATE VARIABILITY RESEARCHES*

Although in the last decades the number of studies using non-invasive methods investigating animal welfare in cattle came to the front – only few publications have been written in this topic. In the second part of the study authors collected all published data involving heart rate variability (HRV) measurement in cattle. In most animal welfare studies HRV have been reported to be a good indicator of emotional stress, and may also reflect the physiological effects of various diseases, as well as technological and environmental stressors. The effect of different stressors is indicated by different parameters of HRV, and correlations between the behaviour and the HRV has also been reported. Although the present review mentions the limits of the adaptability of the methodology of HRV as a routine procedure, to the authors' opinion, HRV assessment might be a relevant method for measuring stress level in psychophysiological research in cattle in Hungary too.

## BEVEZETÉS

Napjainkban az intenzív termelési rendszerekben tartott szarvasmarha-állományokban a másodlagos tulajdonságok (technológiai tűrőképesség, stressztűrő-képesség, vérmérséklet) több rendellenességet mutatnak, ami az állatok közérzetét adott technológiában ronthatja. A gazdasági állatok jólléti állapotát ugyanis elsősorban a technológia határozza meg. Amennyiben a technológiai környezet különböző tényezői akadályozzák az állat élet- vagy termelési szükségleteinek kiélegítését, a szervezetre stresszorokként hatnak.

A szociális csoportokban élő és termelő háziállatfajok egyedeinél – mint amilyen a szarvasmarha is – a gyakorta megjelenő, és tartósan fennálló agresszió, továbbá az ennek következtében kialakuló stresszállapot ugyancsak jelentős hatással lehet az állatok termelési mutatóira. A bizonytalanság érzése, a különböző szociális interakciókból adódó és technológiai elemektől való félelem, az agonisztikus viselkedésformák ugyanis mind olyan potenciális stressztényezők, melyek az állatok jóllétét nagyban befolyásolják (*von Borell, 2001*).

A stresszből adódó élettani változások vizsgálatával – egyes tanulmányok szerint – a tartástechnológiából és a csoportos tartásból adódó stressz is kimutathatóvá válik. A legújabb ilyen módszer a szívritmus-variancia (heart rate variability, HRV) vizsgálata, mely egyes paramétereinek stresszindikátorként való alkalmazhatóságát szarvasmarhában az ezredforduló óta vizsgálják.

Bár a HRV-vel foglalkozó vizsgálatok száma eddig igen kis hányadát tette ki a viselkedéssélettani kutatásoknak, az utóbbi években – ha többnyire csak alapkutatási szinten is – e témában is egyre több publikáció látott napvilágot Európában és a tengerentúlon is.

Összefoglaló tanulmányunk második része szándékunk szerint szerves folytatása első közleményünknek, melyben a módszerrel végzett eddigi vizsgálati eredményeket ismertetjük szarvasmarhában és szót ejtünk a HRV kutatásában rejlő további lehetőségekről is. Természetesen nem vállalkozhattunk arra, hogy kritika-ilag elemezzük a kutatásokat, inkább arra törekedtünk, hogy az eddig vélhetően kevésbé ismert vizsgálatok eredményeit a szarvasmarha-tenyésztésben kutatók és a tenyésztők számára közérthetővé tegyük és érdeklődésüket felkeltsük e téma iránt.

## ALAPKUTATÁSOK

Annak ellenére, hogy a különböző szarvasmarhafajták igen jelentős szerepet töltenek be a termelésben mind a tej-, mind a hú ágazatban, a mai napig csak 14 publikáció született, mely a HRV kutatásáról számolt be szarvasmarhában. Ezek a tanulmányok igen sokszínűek, ebből adódóan rendkívül változatos eredményeket adtak. Mivel egy, az alkalmazott állattenyésztés és állattetológia területén még új módszerről van szó, ezért nem meglepő, hogy a vizsgálatok nagy hányadát az alapkutatások uralják.

A HRV témakörében szarvasmarhában végzett kutatómunka nem tekint vissza nagy múltra. Az első vizsgálat, mely a HRV vizsgálatáról számol be szarvasmarhában, *Clabough és Swanson (1989)* nevéhez fűződik. Az amerikai kutatók a HRV-



vizsgálatok módszertanát alapjaiban meghatározó kísérletet végeztek. A szerzők az orvosi gyakorlatban jól ismert bradycardia (pulzusszám-csökkenés) jelenségét a szarvasmarhák mellkasának mesterséges szorításával (48 óra) váltották ki. A mellkas térfogatának csökkenése szignifikáns ( $p < 0,05$ ) nyugalmi HR-csökkenést eredményezett. A HRV alacsonyfrekvenciás komponense (LF) szignifikáns mértékben ( $p < 0,005$ ) csökkent, ez a szimpatikus tónus háttérbe szorulását támasztja alá. Ez az eredmény a mérések kivitelezése szempontjából bír rendkívüli jelentőséggel. Felmerül ugyanis a kérdés, hogy olyan vizsgálatokban, ahol az állatok szabadon mozoghatnak – és ezáltal a műszerek is nagyobb veszélynek vannak kitéve – egy megfelelően szorosra állított heveder nem befolyásolja-e a mérési eredményeinket. A probléma kiküszöbölésére a rögzítő szíjak, hevederek HR-, illetve HRV-értékekre való hatásának vizsgálatát javasoljuk. Véleményünk szerint ez praktikusan elvégezhető a műszerhez való szoktatási időszak előtt, amikor az egyik nap rugalmas szíjakkal erősítjük az állatokra a műszereket, majd másnap ugyanazon állatokra a vizsgálatban alkalmazni kívánt hevederekkel. Így, a két nap mérési eredményeit összehasonlítva kiszűrhetők lennének az esetleges, a rögzítés szorosságából adódó HRV-ben mérhető eltérések.

Hopster és Blokhuis (1994) vizsgálatukban a Polar Sport Tester HR-mérő műszer és egy hagyományos EKG-készülék mérési eredményeit hasonlították össze tejelő szarvasmarhában. A vizsgálat a pihenés alatti ( $r = 0,88$ ) és mozgás közbeni ( $r = 0,72$ ) HRV-értékek között is szoros összefüggésről számolt be. A szerzők szerint a Polar Sport Tester megfelelő műszernek bizonyult tejelő szarvasmarhák HR és a HRV vizsgálatához, mely azóta több újabb tanulmányban is (Waiblinger és mtsai, 2004; Janžeković és mtsai, 2006) igazolást nyert.

Egy, a fentihez hasonló alapkutatás (Manzo és mtsai, 2009) borjakban, kutyákban és nyulakban végzett HRV-vizsgálatok eredményeit hasonlította a humán értékekhez. A kutatók megállapították, hogy a borjakban mind az LF ( $547,0 \pm 256,9 \text{ ms}^2/\text{Hz}$ ), mind a HF ( $601,0 \pm 666,6 \text{ ms}^2/\text{Hz}$ ), mind pedig az LF/HF ( $2,5 \pm 1,9$ ) paraméter hasonló értékeket mutatott, mint a humán vizsgálati alanyoknál. A szerzők úgy találták, hogy a HRV vizsgálata akárcsak az orvostudományban, a haszonállatoknál is fontos módszerként szolgálhat az alkalmazkodóképesség, illetve a stressz különböző szintjeinek vizsgálatára.

Stewart és mtsai (2010) legújabb tanulmányukban elegánsan igazolták a HRV módszerének alkalmazhatóságát a vegetatív idegrendszeri működés tanulmányozására. Tizenhat véletlenszerűen kiválasztott négy hónapos holstein-fríz bikaborjat vontak alapkísérletükbe, melyeknek sóoldatot tartalmazó vagy a szimpatikus hatást kiváltó epinefrin (adrenalin) nyaki infúziót kötöttek be. A HRV-adatok felvételét a beavatkozás előtti 15. percben kezdték meg, és az infúzió eltávolítása után 10. percre folytatták. A sóoldatot tartalmazó infúzió nem volt hatással a HRV-re. Az RMSSD mutató szignifikáns növekedése (az infúzió beadása előtti időszakkal összehasonlítva:  $p < 0,001$ ; a sóoldatos infúziót kapott borjakkal összehasonlítva:  $p < 0,05$ ) az egyensúly helyreállításáért felelős paraszimpatikus ág megnövekedett aktivitását tükrözi. Az infúzió eltávolítása után az RMSSD paraméter értéke statisztikailag bizonyíthatóan ( $p < 0,001$ ) csökkent a kontroll periódushoz képest. Ennek hátterében a szimpatikus/paraszimpatikus egyensúly visszaállása állhatott.

Több alapkutatás is beszámol a HRV fájdalom, illetve stressz kimutatására való alkalmazhatóságáról. Stewart és mtsai (2008a,b) helyi érzéstelenítést, míg

mások (Després és mtsai, 2002) vegetatív idegrendszeri működést blokkoló anyagokat alkalmaztak kísérleteik során.

Francia kutatók (Després és mtsai, 2002) a szimpatikus és paraszimpatikus aktivitás meghatározásával és különválasztásával a HRV alkalmazhatóságát vizsgálták holstein-fríz bikaborjak vegetatív idegrendszeri működésében, valamint a szimpatikus/paraszimpatikus egyensúlyban bekövetkező változások kimutatására. Kísérleteikben vegetatív blokádot alkalmaztak. Az állatokat a következő módon kezelték: 1. 0,5 mg/kg atenolol (szimpatikus blokádnak); 2. 0,2 mg/kg atropin-szulfát (paraszimpatikus blokádnak); 3. 0,5 mg/kg atenolol + 0,2 mg/kg atropin-szulfát ('dupla' blokádnak); 4. sóoldat. A beavatkozásokat és a HRV-méréseket az állatok 9 hetes korában végezték, a reggeli etetés időpontjában (09:00 és 11:00 között). A HR-adatok felvételét az injekciók beadása előtt 20 perccel kezdték meg, és a beadás időpontja után 20 percig folytatták.

Megállapítható volt, hogy a sóoldat hatása nem volt mérhető egy HRV-paraméterrel sem. Az atenolol injekció minimális HR-csökkenést váltott ki (-2,81 szívverés/perc), és bár szignifikáns növekedést okozott a RR átlag értékben ( $p < 0,05$ ), a HRV-paraméterek egyikében sem okozott statisztikailag igazolható változást. Az atropin-szulfát injekció a várakozásoknak megfelelően a HR drasztikus növekedését (29,7 szívverés/perc) eredményezte ( $p < 0,01$ ), továbbá a RR átlag és az RMSSD paraméterek esetében szignifikáns csökkenést idézett elő (sorrendben:  $p < 0,01$ , illetve  $p < 0,05$ ). A frekvenciatartományban számított TPW és HF paraméter szintén szignifikáns mértékben ( $p < 0,01$ ) csökkent az injekció beadása előtti vizsgálati időszakhoz képest, mely szintén a paraszimpatikus tónus csökkenését igazolja. Az atenolol + atropin-szulfát injekciók szignifikáns csökkenését eredményeztek az RMSSD ( $p < 0,05$ ), a TPW ( $p < 0,05$ ) és a HF ( $p < 0,05$ ) jelzőszámok értékeiben.

Meglepő eredménynek számít, hogy a kutatók egyik kezeléssel sem tudtak a szimpatikus aktivitásra módosító hatást gyakorolni. Nem találtak HRV-ben kifejezhető különbséget a sóoldat és az atenolol injekció hatásai között. Ezek alapján kijelenthetnénk, hogy a HRV-paraméterek nem alkalmasak a szimpatikus hatások vizsgálatára. Ha másként közelítünk az eredményekhez, így is fogalmazhatunk: az atenolol indukálta szimpatikus blokádnak nem volt olyan hatással a borjak szív működésére, mely e jelzőszámokkal kimutatható lett volna. Ennek egyik oka a kutatók szerint az lehet, hogy a borjaknak igen kicsi lehetett a szimpatikus aktivitása pihenés közben, mielőtt az injekciót kapták. Véleményünk szerint a kapott eredmények hátterében az is állhat, hogy az állatok az egy hetes szoktatási időszak alatt habituálódtak ehhez az eljáráshoz. Ezt alátámasztja a kutatók azon észrevétele, hogy az injekciók beadásakor sem próbáltak elmenekülni, és az egész procedura alatt nyugodtan viselkedtek. Ennek alapján kijelenthetjük, hogy az atenolol injekció nem volt hatással a borjak szív működésére. Az atropin-szulfát viszont jelentős, a HRV több paraméterével is kimutatható változásokat okozott, melyek kevésbé voltak erőteljesek, amikor atenolol injekciót is kaptak az állatok az atropinnal egy időben. A kutatók borjak esetében a HR, az RR átlag, valamint az RMSSD paramétereket a paraszimpatikus tónus megfelelő indikátorának találták.



## STRESSZVIZSGÁLATOK TERMÉSZETSZERŰ KÖRÜLMÉNYEK KÖZÖTT

A legfrissebb tanulmányok a HRV fiziológiai és mentális stressz kimutatására való alkalmazásáról is beszámolnak. A stresszállapot kialakulásában szerepet játszó tényezők – ahogy majd látni fogjuk – meglehetősen komplex módon hatnak az állatok szív működésére. E vizsgálatokat igen érdekessé teszi, hogy az alkalmazott eljárás módszer újszerűsége és kiforratlanságából adódóan eredményeik rendkívüli változatosságot mutatnak. Ez egyben azt is jelenti, hogy a tanulmányok számos ponton érintenek olyan kérdéseket, melyekre jelenleg még nincs válaszunk. Sok esetben olvashattunk ugyanis nehezen magyarázható eredményekről, melyek – véleményünk szerint – legtöbbször az értékelő módszerek állatételtani alkalmazásának újszerűségéből és az ebből adódó hibákból eredeztethetők. A szarvasmarhában végzett kutatások középpontjában a különböző betegségek, a viselkedés, illetve környezeti és technológiai tényezők, mint stresszorok következtében fellépő fájdalomból és nyugtalanságból eredő stressz HRV-vel való összefüggései állnak.

### *A környezeti és belső eredetű stressz vizsgálata*

Bár az egészségi állapot az állatok jóllétét alapvetően meghatározó tényező, a szarvasmarhában végzett HRV-kutatásokban eddig a betegségek vizsgálata még nem került a figyelem középpontjába. Mindössze két tanulmány foglalkozott eddig fertőző betegségek szív működésére kifejtett hatásairól. Pomfrett és mtsai (2004) vizsgálatukban szarvasmarhák szivacsos agyvelőgyulladása (*bovine spongiform encephalopathy*, BSE) által okozott fiziológiai stressz mértékét próbálták meghatározni a HRV spektrális paramétereinek elemzésével. Az állatokat három csoportra osztották, melyeket különböző dózisban fertőzött takarmánnyal etettek egy éven keresztül. A kontroll állatok (48 egyed) mellett a két kísérleti csoport állatainak takarmányába (42, illetve 43 egyed) 1, illetve 100 g BSE-vel fertőzött agyvelő homogenátumot kevertek. A nagyfrekvenciás komponens (HF) tekintetében szignifikáns csökkenést ( $p < 0,001$ ) tapasztaltak a kontroll-, illetve a két fertőzött csoport állatai között. A nagy dózisban fertőzött takarmánnyal etetett kísérleti csoportban mért HRV-paraméterek közül az alacsonyfrekvenciás (LF) komponens értéke nőtt statisztikailag is igazolható mértékben ( $p < 0,01$ ) a másik két csoport ugyanezen mutatóihoz képest. A HRV időtartományban számított paraméterei a beteg állatok esetében voltak kisebbek. E vizsgálat eredményei tehát azt mutatják, hogy a betegség következtében fellépő fiziológiai stressz a HRV indexeivel kimutatható.

A brit kutatók eredményével összhangban van egy német kutatócsoport (Mohr és mtsai, 2002) tanulmánya, melyben – többek között – betegséggel terhelt borjak HRV-jét is vizsgálták. A szerzők sokat hivatkozott cikkükben a lineáris és nem lineáris HRV-paraméterek alkalmazhatóságát vizsgálták borjak és tehenek stresszterhelésének megállapítására. A kiértékelésnél az idő- és frekvenciatartományban számított paramétereken kívül (RMSSD, SDNN, SDANN, HRV<sub>index</sub>, illetve LF, HF, LF/HF) nem lineáris indexeket is számítottak (%DET, L<sub>MAX</sub>).

Első kutatásukban 52 borjú három csoportját vizsgálták. A csoportokat két nappal választás után alakították ki. A kontroll csoportot a stresszterhelést nem kapott borjak alkották (1-es csoport, 18 állat). Az egyik kísérleti csoportba a környezeti

stresszben szenvedő (2-es csoport, 20°C-nál magasabb környezeti hőmérséklet és rovarzavarás, 17 állat) borjakat állították. A másik kísérleti csoportba (3-as csoport) a szarvasmarhák vírusos hasmenésével (*bovine viral diarrhea*, BVD – 17 állat) fertőzött borjak kerültek. A belső eredetű stresszt ebben a kísérletben a megbetegedés által előidézett nyálkahártya-károsodások, hasmenés, és az ezek következtében felboruló homeosztatikus egyensúly okozták.

Borjakban az időtartományban számított paraméterek mindegyike az 1-es csoporttól a 3-as csoportig haladva szignifikáns mértékben ( $p < 0,05$ ) csökkentek (RMSSD 79%-kal, SDNN 45%-kal). Ez növekvő stresszterhelésről tanúskodik, ami a vágusz-tónus csökkenését jelzi. Megállapították azt is, hogy míg az RMSSD érték az 1-es és 2-es csoportok között csökkent nagyobb mértékben, addig az SDNN, az SDANN és a  $HRV_{index}$  a külső, illetve belső stressznek kitett borjak között (2-es és 3-as csoport) mutatott jelentősebb különbséget.

A témában megjelent tanulmányok az SDNN, az SDANN és a  $HRV_{index}$  paraméterek szoros korrelációjáról számolnak be (pl. *Hagen és mtsai*, 2005), melyek az RMSSD mutatóval kiegészülve bizonyítottan a szimpatikus és paraszimpatikus hatások együttes változásának indikátorai. E jelzőszámok stresszhatásra bekövetkező együttes csökkenéséből ezért arra következtethetünk, hogy az olyan erős fiziológiai stressz, mint a vírusos hasmenés, mind a vágusz, mind a szimpatikus tónus aktivitását csökkenti.

A szimpatikus/paraszimpatikus egyensúlyt reprezentáló LF/HF arány az 1-es csoporttól a 3-asig haladva 400%-kal nőtt. Ez a statisztikailag is alátámasztható eredmény ( $p < 0,05$ ), a szimpatikus ág aktivitásának jelentős túlsúlyára, ezáltal nagymértékű stresszterhelésre utal. Érdekesség, hogy a szimpatikus hatást jelző LF paraméter nem mutatott szignifikáns különbséget a kísérleti csoportok stresszterheltségét illetően. Ugyanakkor a HF komponens értékeinek csökkenése az RMSSD mutatóhoz hasonlóan reprezentálta a stressz különböző szintjeit. Ez az eredmény megerősít több korábbi kutatást, melyekben a szerzők (*Kleiger*, 1995; *Malik és mtsai*, 1996) az RMSSD és a HF komponens közötti szoros korrelációról számolnak be.

A nem lineáris paraméterek mindegyike szignifikáns mértékben ( $p < 0,05$ ) nőtt az 1-es és a 3-as csoport között, továbbá a kontroll állatokhoz képest mind a környezeti, mind a fiziológiai stressz-terhelés fellépésekor szignifikánsan nagyobb értékeket mutattak ( $p < 0,05$ ). A szerzők a legreprezentatívabb mutatónak a stressz különböző formáinak elkülönítésére az  $L_{MAX}$  paramétert találták, mely mindhárom csoport értékei között statisztikailag igazolható különbséget mutatott. Ennek oka, hogy bár a %DET paraméter e vizsgálat további alanyaiul szolgáló vemhes, illetve laktáló tehenek, valamint a környezeti stressztől szenvedő borjak esetében egyaránt statisztikailag alátámasztható mértékben nőtt ( $p < 0,05$ ), a környezeti stressz alatt álló és beteg borjakat összehasonlítva nem mutatott ki szignifikáns eltérést. Ez arra enged következtetni, hogy e paraméter inkább a stressz mértékének jelzőszáma lehet, míg az  $L_{MAX}$  a stressz formájának meghatározására is alkalmazható. A %DET nem lineáris paraméter volt az egyetlen mutató, mely értéke szignifikáns mértékben ( $p < 0,05$ ) nagyobb volt a tejelő teheneknél a szárazonálló tehenekhez képest. Megemlítendő az is, hogy a stressz mértékétől és formájától függően különböző mértékben változtak a nem lineáris paraméterek értékei.



### *A technológiából eredő stressz vizsgálata*

Az alkalmazott tartástechnológia – minden elemével – az intenzív tartási rendszerek elterjedésével párhuzamosan a háziállatok jóllétének elsődleges meghatározójává vált. A szarvasmarha-tenyésztés gyakorlatában az olyan rutinszerűen végzett beavatkozások (pl. csülökszaru-ápolás, szarvtalanítás, ivartalanítás) következtében fellépő fájdalom és stressz mérséklése éppen ezért fontos tényezői az állatok jóllétének. A következőkben két olyan vizsgálatot mutatunk be, melyek a szarvasmarhában egyedülként számolnak be fájdalmat okozó időszakos ápolási munkák HRV-re kifejtett hatásairól.

*Stewart és mtsai* (2008a) tanulmányukban a szem hőmérsékletében és a HRV-ben jelentkező változásokat mérték égetéssel történő szarvtalanítás és sebészeti úton történő ivartalanítás közben helyi érzéstelenítéssel, illetve érzéstelenítés nélkül. A négy vizsgálati csoportba 8-8 állatot osztottak be. A szem hőmérsékletét infravörös hőérzékeléssel (infrared thermography, IRT) határozták meg. Az IRT a szem környéki kapilláris erek hőszugárzását képes érzékelni, mely a vegetatív idegi szabályozás kontrollja alatt álló vérnyomás függvénye. A szem hőmérsékletében bekövetkező változásokat ugyanis a kapillárisokban a fokozott szimpatikus aktivitás eredményeként létrejövő vazokonstrikció (kapillárisok szűkülése) hatására megváltozott vérnyomás okozza.

A HR-adatok rögzítését *Després és mtsai* (2002) kísérlethez hasonlóan a beavatkozások előtt 20 perccel kezdték meg, és a szarvtalanítás után még 20 percig folytatták. Eközben folyamatosan mérték a szem hőmérsékletét és a viselkedést videokamerával rögzítették.

A szerzők a helyi érzéstelenítés nélkül végzett szarvtalanítást követően a szem hőmérsékletében hirtelen csökkenést ( $p < 0,05$ ), ezzel párhuzamosan a HF paraméter értékének csökkenését, valamint az LF, illetve LF/HF mutatók növekedését állapították meg. Mindezekből a vágus zónus csökkenésére és a szimpatikus/paraszimpatikus egyensúlyban a szimpatikus idegi aktivitás túlsúlyára következtethetünk.

Amennyiben a szarvtalanítást helyi érzéstelenítés mellett végezték, ugyancsak megfigyelhető volt a szem hőmérsékletének csökkenése, mely szintén a szimpatikus aktivitás növekedésével (nagyobb LF, illetve LF/HF) és a paraszimpatikus tónus csökkenésével járt együtt (kisebb HF). Ez azt jelenti, hogy a kísérletben alkalmazott érzéstelenítés nem enyhítette a szarvtalanítás okozta fájdalmat olyan mértékben, hogy az HRV-ben megmutakozó stresszt ne okozzon az állatoknak.

Az érzéstelenítést nélkülöző ivartalanítást követően az új-zélandi kutatók a szarvtalanítás hatásait vizsgáló kísérletükkel ellentétes eredményeket kaptak: a szem hőmérséklete, az RMSSD és a HF paraméter értékei nőttek, valamint az LF és az LF/HF mutatók csökkentek. Ezek az adatok a paraszimpatikus tónus felerősödését jelzik. A szerzők az ivartalanítást követően fellépő paraszimpatikus túlsúlyt az ondózsínor roncsolása következtében fellépő mély zsigeri fájdalommal hozták összefüggésbe, melyet a medencei zsigerekhez tartozó herékből a paraszimpatikus idegek közvetítenek. Ezt a feltételezést véleményünk szerint további vizsgálatokkal kell még megerősíteni. A szem hőmérsékletében bekövetkező változásra magyarázat lehet, hogy a nagyobb paraszimpatikus aktivitás lassúbb szív működést és alacsonyabb vérnyomást idézett elő, mely a kapilláris erek tágulását, így a szem hőmérsékletének emelkedését eredményezte.

Az új-zélandi kutatócsoport egy másik kísérletükben a már ismertetett vizsgálathoz hasonlóan (Stewart és mtsai, 2008b), a szarvtalanítás által okozott stressz mértékét igyekezett kimutatni. Ebben a vizsgálatban is négy csoportba osztották a borjakat. Eltérés az előző kísérlettől, hogy itt nem csak a beavatkozás előtti kontroll időszakban mért eredményeket hasonlították össze a szarvtalanítás után regisztrált adatokkal, hanem két kontroll csoportot is létrehoztak a szarvtalanított és a helyi érzéstelenítés mellett szarvtalanított állatok mellett: egy minden beavatkozástól mentes, valamint egy csak helyi érzéstelenítésben részesített kontroll csoportot. A 40 perces vizsgálati időszakban a szem hőmérsékletét mérték, és regisztrálták a HRV-t.

A már bemutatott kísérlethez hasonlóan az érzéstelenítés nélkül történt szarvtalanítás után a beavatkozás előtti periódushoz viszonyítva a szem hőmérsékletében hirtelen csökkenés volt kimutatható ( $p < 0,05$ ), melyet a HF paraméter csökkenése ( $p < 0,01$ ) és az LF és az LF/HF növekedése ( $p < 0,05$ ) kísért. Ezek az eredmények mind a fájdalom következtében fellépő stresszről (alarm reakció) tanúskodnak. Különbség azonban a két vizsgálat eredményei között, hogy az érzéstelenítéssel végzett szarvtalanítás itt csak kismértékű csökkenést okozott a szem hőmérsékletében. Ez azt jelenti, hogy ebben a vizsgálatban a beavatkozás által okozott fájdalom és stressz helyi érzéstelenítéssel mérsékelhető volt. Bár az RMSSD paraméter csökkenésének hátterében a szarvtalanított csoportokban a vágusz-tónus csökkenése állhat, e mutató értéke egyik kísérleti csoport között sem mutatott statisztikailag alátámasztható különbséget.

A kutatók megállapították, hogy a beavatkozás utáni 5. perctől a szem hőmérséklete szignifikáns mértékben ( $p < 0,001$ ) nőtt mindkét szarvtalanított csoportban a két kontroll csoporttal, illetve a beavatkozás előtti időszakkal összehasonlítva. Erre a szerzők nem találtak magyarázatot. A két kontroll csoport között nem volt statisztikailag igazolható különbség sem a szem hőmérsékletében, sem a HRV mutatókban.

A két tanulmány alapján igazoltnak látszik az a tény, hogy a HRV módszere egy metodikájában teljesen eltérő, stressz kimutatására elfogadott módszerrel szinkronban eredményesen alkalmazható idegrendszeri aktivációk, ezen belül első sorban a szimpatikus aktivitás vizsgálatára.

Hopster és mtsai (1998) tejelő tehenek fejőállás-preferenciáját vizsgálták 93-as egyed számmal. A vizsgálati állatokat azok a tehenek alkották, amelyek a 28 hónapos megfigyelési idő alatt a vizsgálati hónapok legalább 75%-ában a fejőállás jobb vagy bal oldalát választották (23, illetve 20 állat). Ebből 12, illetve 11 tehén választotta minden hónapban a fejőállás bal, illetve jobb oldalát. A kutatók az állatokat két csoportra osztották: azokra a tehenekre, amelyeket az általuk kedvelt, illetve azokra, amelyeket az általuk nem preferált fejőállásban fejtek. Az eredmények szerint a fejés első percében a számukra kedvezőtlen fejőállásban fejt tehenek HRV-értékei szignifikánsan ( $p < 0,05$ ) nagyobbak mutatkoztak a számukra kedvező fejőállásban fejt, illetve fejőállás-preferenciát nem mutató tehenekénél. A HRV-ben mutatkozó különbségek magyarázata a szerzők szerint abból adódhatott, hogy a fejőállás-preferenciát mutató tehenek az általuk nem preferált fejőállásban nyugtalanok voltak. A kutatók a vizsgálati csoportok tejtermelésében nem találtak szignifikáns különbséget. Ezen tanulmány eredményei megítélésünk szerint több szempontból is vitathatók. A szerzők cikkükben ugyanis nem határozzák



meg, hogy milyen HRV-paramétereket vizsgáltak, sőt még csak nem is definiálják a HRV fogalmát. Így nehezen értelmezhető a HRV növekedésének a vizsgálati állatok nyugtalanságával, mentális stressz-terheléssel való magyarázata, mely minden, e témában eddig megjelent publikáció eredményeinek ellentmond.

Oszták szerzők (*Hagen és mtsai*, 2005) a fajta és a fejési rendszerek összefüggését vizsgálták a HRV-val 12 szimentáli és 12 svájci barna tehenen egy robotizált és egy hagyományos, halszállkás elrendezésű fejési rendszerben (6-6 állat mindkét fajtából). Az adatokat fekvés, állás, valamint 'fejés közbeni állás' testhelyzetekben vették fel.

A fajták közötti szív működésbeli különbségekre mutat rá, hogy az LF paraméteren kívül, az összes lineáris és nem lineáris mutató statisztikailag is igazolhatóan különbözött (RR átlag, RMSSD, HF:  $p < 0,05$ , LF/HF  $< 0,01$ ; illetve % REC, % DET:  $p < 0,001$ ) a szimentáli és a svájci barna teheneket összehasonlítva. Az RMSSD paraméter szignifikánsan kisebb ( $p < 0,05$ ) értékeket mutatott a szimentáli tehenek esetében. Ennek egyik magyarázata lehet, hogy ez a fajta az intenzív tejtermelő rendszerekben érzékenyebb a stresszre, mint a svájci barna. Ez a megállapítást alátámaszthatja a szerzők egy korábbi tanulmányát (*Hagen és mtsai*, 2004), melyben arról számolnak be, hogy a szimentáli tehenek fejés közben többször mutatnak nyugtalanságra utaló viselkedési jeleket (láb emelgetése, lépés). A kutatók úgy vélik, hogy a fajták közötti HRV-ben tapasztalt eltérések okai az anyagcsere-folyamatok különbségeiben, valamint tartási és vérmérsékleti különbségekben keresendők.

A szerzők szerint sem az SDNN, sem az LF paraméter nem megbízhatóak a vegetatív idegrendszeri aktivitás mérésére. Ennek oka, hogy vizsgálatukban e mutatók csak fekvés közben mutattak ki statisztikailag is alátámasztható különbséget ( $p < 0,01$ ) a fajták között, valamint, hogy mind a fejési rendszerek, mind a fekvés és állás összehasonlításakor is csak kis különbséget jeleztek.

A fejési rendszerek hatását vizsgálva fekvés közben az SDNN és LF paramétereket leszámítva mind a lineáris, mind a nem lineáris változók szignifikánsan nagyobb mértékű stresszt jeleztek (kisebb RMSSD:  $p < 0,01$ , kisebb HF:  $p < 0,05$ , illetve nagyobb LF/HF:  $p < 0,5$ ) a robotizált fejési rendszerben termelő teheneknél, a halszállkás fejőállásban fejt tehenekkel összehasonlítva. Ezek az eredmények a szimpatikus idegrendszeri aktivitás túlsúlyára utalnak. A kutatók fejés közben ugyanakkor nem találtak különbséget a különböző fejési rendszerekben termelő tehenek HRV-értékei között. Továbbá egy mutató sem mutatott szignifikáns eltérést állás és fejés közben mérve. Ezek az eredmények arra engednek következtetni, hogy a robotizált fejési rendszerben fejt teheneknél tapasztalt nagyobb stresszt nem maga a fejés jelentette. Ennek egyik oka lehet, hogy az állás közbeni metabolikus aktivitás elegendően nagy volt ahhoz, hogy meghaladja a fejési rendszerek által kiváltott krónikus hatásokat. Még nagyobb meglepetés, hogy fekvés és fejés közben sem volt statisztikailag alátámasztható eltérés egy HRV-mutató esetében sem. Mindezek alapján feltételezhető, hogy a fejés, mint technológiai tényező ebben a vizsgálatban nem jelentett HRV-ben mérhető akut stresszt az állatok számára. Ezzel összhangban van egy holland kutatócsoport egyik korábbi tanulmánya (*Hopster és mtsai*, 2002), melyben – bár csak a HR monitorozásával – megállapították, hogy a tehenek szív működésére sem a robotizált, sem a hagyományos fejési rendszerek nincsenek számottevő hatással, és a robotizált

fejőrendszerek nem jelentenek nagyobb fiziológiai terhelést az állatok számára szemben a hagyományos fejőállásokkal.

Hasonló témájú kutatásában Gygax és mtsai (2008) két különböző típusú robotizált fejési rendszerben (AMS1, AMS2), illetve automatizált tandem fejési rendszerekben (2x2-es auto-tandem fejőállások, ATM) termelő tehenek viselkedését és HRV-jét vizsgálták tizenkét svájci szarvasmarhatelepen (fejési rendszerenként négy telep). Az AMS1 és AMS2 fejési rendszerek egy boxos rendszerűek voltak, a különbséget a fejőrobot karjának működése jelentette. Tizenegy farmon holstein-fríz valamint svájci barna, egy telepen szimentáli tehenek képezték a vizsgálati mintát (farmonként 20-20 tehen). Tehénészetenként 10–10 véletlenszerűen kiválasztott állaton végeztek HRV méréseket.

A már idézett szerzők (Hagen és mtsai, 2004; Hagen és mtsai, 2005) megállapításával ellentétben – mely szerint az automatizált fejési rendszerekben ritkábbak a nyugtalanságra utaló viselkedésformák – azt találták, hogy a nyugtalan viselkedésmintázatok előfordulása (lépés, láblendítés) az AMS2 fejési rendszerben volt a leggyakoribb, ezt követték az AMS1 és az ATM rendszerek. Ezzel összhangban az RMSSD értéke az AMS2 fejési rendszerben volt a legkisebb, mely alapján ez a fejési rendszer növeli leginkább a stressz mértékét a tehenekben. A pihenés közben mért RMSSD érték az AMS1 rendszerben, a fejés közben mért RMSSD érték az AMS2-ben volt szignifikáns mértékben kisebb ( $p < 0,001$ ) az ATM fejési rendszereknél. A nyugtalan viselkedésben és a HRV-ben megállapított különbségek statisztikailag is kimutathatóak voltak a robotizált, illetve az ATM fejési rendszerek között. Ugyanakkor e kutatás három olyan eredményt is adott, mely az eddigi feltételezéseket látszik megerősíteni. 1. Az RMSSD paraméterek összes fejési rendszerben fejés közben mért átlagai és e jelzőszámok pihenés közben mért átlagai statisztikailag igazolható mértékben nem különböztek egymástól. 2. A legkisebb RMSSD értékeket pihenés közben regisztrálták az AMS1 fejési rendszerben, vagyis a nagyobb szimpatikus aktivitás a tartástechnológia egyéb elemeiből volt eredeztethető. 3. Az AMS1 és az AMS2 fejési rendszerek – a gyakoribban jelentkező nyugtalan viselkedésformák és statisztikailag is igazolhatóan ( $p < 0,001$ ) HRV-csökkenés ellenére – a különbségek abszolút értékét tekintve kismértékű stressznövekedést indukáltak az ATM rendszerekkel összehasonlítva.

Ez a kutatás megerősíti tehát azt a korábban több szerző által is közölt megállapítást, mely szerint a fejés maga, mint technológiai tényező, valamint a robotizált fejési rendszerek nem jelentenek számottevő stresszt az állatok számára.

Neuffer és mtsai (2004) tejelő tehenek stressztűrő-képességét vizsgálták ugyanezen a négy telepen, a már ismertetett fejési rendszerekben és vizsgálati állatokkal. A szerzők három viselkedéselemet különböztettek meg: lépés, láblendítés és rúgás. Meghatározták továbbá az összes vizsgálati állapot esetében a tej-kortizol koncentrációt. Bár a tej-kortizol vizsgálat nem adott statisztikailag alátámasztható eredményt, a HRV tekintetében szignifikáns különbség mutatkozott a különböző fejési rendszerek összehasonlításakor. A pihenés és fejés közben mért HRV-paraméterek az AMS1 fejőrendszerben voltak a legkisebbek, és sorrendben az AMS2, illetve az ATM fejési rendszerekben nőttek ( $p < 0,001$ ). A vizsgálati eredmények itt is azt sugallják, hogy bár a különböző AMS rendszerek nem egyforma hatással voltak a tehenek fejés alatti HRV-paramétereire, a fejési rendszerek között megállapított eltérések meglehetősen csekélyek voltak.



*Forkman és mtsai* (2007) szerint a szociális fajok egyedei számára – mint amilyen a szarvasmarha is – az egyik legfontosabb, stresszt okozó helyzet a szociális izoláció. A félelmet kiváltó ingerek hatását a szerző szerint gyakran felülmúlhatja a szeparációs szorongásból adódó stressz, mivel ilyenkor általában az egyedeket társaiktól elkülönítve figyelik meg. Ilyen esetben a társak hiánya okozhat stresszt az állat számára. A tanulmányok egy részében megállapítást nyert, hogy felnőtt állatok esetében az újracsoportosítás előtti, csoporttársaktól történő szeparáció által kiváltott stresszt nem csak fiziológiai, hanem viselkedésbeli változások is kísérik, úgymint a nyugtalanság és a vokalizáció. Igaz, ezek a publikációk (*Hopster és Blokhuis*, 1994; *Boissy és Le Neindre*, 1997) csak az állatok HR-ben kifejezhető belső válaszait vizsgálták, a HRV-t nem.

A tenyésztési gyakorlatban azonban nem a felnőtt korban történő szociális izoláció a legmeghatározóbb a termelés gazdaságossága és eredményessége szempontjából. A leggyakrabban előforduló szeparációs helyzet a választás. Ez technológiától függően különböző életkorban történhet, de általában a természetesnél jóval korábban végzik el – alapvetően gazdasági okok miatt. A korai, és általában hirtelen történő választás jelentős stresszt okoz a borjak számára, melynek jól mérhető viselkedési és élettani jelei vannak (*Albright és Arave*, 1997).

A választás következtében fellépő stresszt kifejező HRV-paramétereket szarvasmarhában jelenlegi ismereteink szerint csak egy tanulmány vizsgálta (*Clapham és mtsai*, 2007), ami ellentmondásos eredményeket adott. A szerzők a választás okozta stressz mértékét tanulmányozták tinó borjakban a HRV elemzésével. Kutatásukban a választás előtt egy 12 napos alapperiódust határoztak meg, melyben már megkezdték az adatgyűjtést. A borjakat egy választás előtti, ún. előválasztási időszak első napján három csoportra osztották. A teljes előválasztási periódus 6 napig tartott. Az egyik kísérleti csoportban a borjak orrkarikát kaptak (8 állat), a másikban villanypásztorral elkerítették őket az anyjuktól (7 állat) egy szomszédos területre, ahol legelőfüvet és szalmát kaptak. Az orrkarikát kapott borjak az előválasztás után visszamehettek az anyjukhoz. A kontrollcsoportban lévő borjakat (7 állat) az előválasztási időszakban az anyjukkal folyamatosan együtt tartották, és nem végeztek rajtuk semmilyen beavatkozást. A választás napján minden borjút elválasztottak az anyjától. A választás után, napi 12 órás intervallumokban (06:00–18:00 óra között) ismét 12 napig mérték az állatok HR-jében bekövetkező változásokat. A borjakat egy elkerített kifutón tartották, mely 230 méterre volt a tehének legelőjétől, így a vizuális kontaktus lehetősége fennállt ebben az időszakban is. A szerzők az egyik vizsgálati csoportban sem találtak szignifikáns eltérést az átlagos HR-értékekben a választás előtti és utáni időszakok 12 órás periódusait összehasonlítva. Érdekeség, hogy az RMSSD érték a kontroll állatok esetében a választási időszakban statisztikailag igazolhatóan nagyobb volt ( $p < 0,01$ ), mint az alapperiódusban. A szerzők szerint a HRV statisztikai értelemben vett növekedésének oka a kontrollállatok választás utáni, kifutón való megváltozott mozgási aktivitásában keresendő. Ez az eredmény szemben áll azzal a humán, valamint a jelen cikkben is ismertetett állatjóléti vizsgálatokban megállapított ténnyel, mely szerint a stressz következtében az RMSSD paraméter csökkenő értéket mutat.

A fenti eredményekkel ellentétben, az RMSSD mutató értékeiben, az alapperiódusban orrkarikát kapott és az elkerített borjak csoportjaiban csak kis eltérés mu-

tatkozott a választás előtt, illetve a választás után vizsgált időintervallumokat összehasonlítva. Ugyanakkor az STD paraméter mind az orrkarikát kapott, mind az anyjuktól elkerített borjak csoportjában – a kontrollállatokkal ellentétben – statisztikailag alátámaszthatóan ( $p < 0,05$ ) kisebb értéket mutatott az alapperiódusban a választás utáni időszakban mért értékekhez viszonyítva.

Az amerikai kutatók fenti eredményeinek magyarázata lehet, hogy a választás előtti időszakban 'kezelt' borjak másképpen reagáltak a választás következtében fellépő stresszre, mint a kontrollállatok. Ez az eltérés a borjak választás következtében fellépő mentális és fiziológiai stresszre való eltérő érzékenységre vezethető vissza. Amit biztosan állíthatunk, hogy e (feltételezhetően mozgási aktivitásból és nyugtalanságból eredő) szív működésbeli válaszokban mutatkozó különbségek két HRV-paraméterben is jól kimutathatóak voltak.

#### *A nem környezeti eredetű faktorok hatásainak vizsgálata*

Egyes szerzők publikációikban a HRV nem technológiai eredetű változókkal (életkor, laktációs és vemhességi periódus, tejtermelés, különböző testhelyzetek) való összefüggéseiről is említést tesznek. *Minero és mtsai* (2001) tanulmányukban – a HRV vizsgálatára általuk kidolgozott módszertan ismertetésén túl – tejelő fajtákban végzett HRV-vizsgálataik eredményeit publikálták. Kutatásukba hat üszőborjút, hat üszőt, hat első laktációs és hat többlaktációs tehenet vontak be egy Milano közeli intenzív tejelő tehenészetből. Az értékeléshez időtartományban végzett elemzést és Poincaré-grafikont alkalmaztak. A szerzők megállapították, hogy mind az időtartományban számított paraméterek (STD, illetve RMSSD), mind a geometriai mutatók (SD1, illetve SD2) nagy egyedi eltéréseket mutatnak. A vizsgálati eredmények szerint az STD és az RMSSD jelzőszámok az életkor előrehaladtával nem változtak szignifikáns mértékben.

*Hagen és mtsai* (2005) tejelő tehenek fekvés és állás alatt mért HRV-értékeit hasonlították össze. Vizsgálatukban megállapították, hogy az összes HRV-paraméter statisztikailag igazolható eltérést mutatott (SDNN és LF:  $p < 0,05$ , RMSSD, HF, LF/HF:  $p < 0,001$ ) fekvés és állás közben. Ez világosan mutatja a szimpatikus/paraszimpatikus egyensúly elmozdulását a szimpatikus tónus irányába állás közben.

Svájci kutatók (*Gygax és mtsai*, 2008) a napi tejtermelés és a HRV közötti összefüggéseket keresve megállapították, hogy az RMSSD paraméter a nagyobb tejhozamú teheneknél statisztikailag alátámaszthatóan ( $p = 0,001$ ) kisebb értéket mutatott, mint a kisebb tejtermelésű teheneknél. Ennek ellent mond az a holland kutatók által publikált vizsgálat (*Hopster és mtsai*, 2002), melyben a szerzők több független változó (napszak, a laktáció, valamint a vemhesség különböző szakaszai) mellett a napi tejtermelés HRV-vel kapcsolatos összefüggéseit keresték, és megállapították, hogy egyik változó sem volt hatással a szív működésre.

*Mohr és mtsai* (2002) a már bemutatott komplex vizsgálatukban teheneknél a laktáció és a vemhesség hatását vizsgálták az állatok szív működésére. Munkájukban a vemhesség eltérő szakaszában lévő tejelő (21 állat), illetve vemhes, szárazon álló (10 állat) állatok csoportjait különböztették meg. A két csoport HRV-értékei között sem az idő-, sem a frekvenciatartományban végzett elemzések során nem találtak statisztikailag igazolható különbséget. Megemlítendő azonban, hogy



az összes időtartományban számított mutató a laktáló és a szárazonálló státusz között növekvő tendenciát mutatott. A vemhesség különböző szakaszaiban lévő tejező tehének HRV-értékeiben szintén nem találtak szignifikáns eltérést. Ezekből az eredményekből leszűrhető, hogy sem a laktáció, sem a késői vemhesség nem tartoznak azok közé a fiziológiai faktorok közé, melyek a HRV idő- és frekvenciatartományban számított paramétereiben nagy eltérést mutatnának.

## MEGBESZÉLÉS

A HRV témakörében megjelent közleményeket értékelve elmondhatjuk, hogy a legtöbb állatjóléti kutatásban az alapvizsgálatokon túl a szerzők a különböző betegségek, valamint technológiai és környezeti stressztényezők HRV-ben mérhető élettani hatásait vizsgálták. Egyes publikációk (*Neuffer és mtsai*, 2004; *Hagen és mtsai*, 2005; *Gygax és mtsai*, 2008) a viselkedés és a HRV közötti összefüggéseket is elemezték.

A tanulmányok értékelése után egyértelműen megállapítható, hogy több olyan HRV-paraméter is létezik, mely fontos lehet az állatok jóllétének kifejezésére. Azonban a szakirodalom nem tér ki az alkalmazott módszertani megoldások részletezésére, ezért az esetleges technikai eredetű hibás mérési eredmények pontos okai kevésbé felderíthetőek.

Megjegyzendő az is, hogy az általunk ismertetett vizsgálatok nem minden esetben tudták egyértelműen magyarázni a környezet HRV-re gyakorolt hatásainak eredményeit.

E tanulmányokban ugyanakkor bizonyítást nyert, hogy időtartományban mind a rövid (RMSSD), mind a hosszú távú varianciát (SDNN, SDANN) leíró paraméterek a stresszterhelés növekedésével párhuzamosan csökkennek, így mind a szimpatikus, mind a vágusz-tónus indikátoraiként alkalmazhatók. Noha e tanulmányok igen változatos eredményeket adtak, a vizsgált irodalmak túlnyomó többsége (*Després és mtsai*, 2002; *Mohr és mtsai*, 2002; *Hagen és mtsai*, 2005; *Gygax és mtsai*, 2008) abban egyetért, hogy a különböző stresszorok legmegbízhatóbb mutatója az időtartományban számított RMSSD paraméter, mely egyes szerzők szerint (*Stewart és mtsai*, 2010) a paraszimpatikus aktivitás jelzésére a legalkalmasabb indexszám.

A frekvenciatartományban számított HF és LF/HF paraméterek több vizsgálatban is (*Mohr és mtsai*, 2002; *Hagen és mtsai*, 2005) az előre feltételezett összefüggéseket mutatták a stressz által kiváltott fiziológiai reakciókkal kapcsolatban. Ugyanakkor a legtöbb tanulmánnyal ellentétben egy publikáció (*Després és mtsai*, 2002) a HRV frekvenciatartományban számított paramétereit közül egyet sem talált alkalmasnak a szimpatikus tónus, illetve a szimpatikus/paraszimpatikus egyensúly reprezentálására borjak esetében. Ennek oka többek között, hogy vizsgálatukban az LF és HF paraméterek nagy egyéni különbségeket mutattak azonos körülmények között. Az LF mutató alkalmazhatósága továbbá több tanulmány alapján is erőteljesen megkérdőjelezhető (pl. *Després és mtsai*, 2002; *Mohr és mtsai*, 2002; *Hagen és mtsai*, 2005), ugyanis e paraméter értéke szintén nagy egyedi variabilitást mutatott a legtöbb vizsgálatban.

Mindezek alapján felmerülhet a kérdés, hogy vajon a HRV lineáris paraméterei önmagukban alkalmazva is megfelelőek-e a stressz, illetve a stressz különböző

szintjeinek megállapítására. Egyes szerzők (Mohr és mtsai, 2002; Hagen és mtsai, 2005) a nem lineáris mutatók fontosságára is felhívják a figyelmet, míg a legtöbbben ilyen paramétereket nem használnak (Després és mtsai, 2002; Neuffer és mtsai, 2004; Gygax és mtsai, 2008; Stewart és mtsai, 2008a,b, Stewart és mtsai, 2010). A vizsgált tanulmányok tükrében igazoltnak tűnhet e mutatók létjogosultsága, azonban tudnunk kell, hogy bizonyos paraméterek (pl. % DET) nem alkalmazhatók a stressz minden formájának kimutatására. Szükséges lehet tehát e mutatók alkalmazása is, azonban megfelelő referenciák hiányában csak kellő óvatossággal használjuk őket.

A HRV és a különböző nem technológiai eredetű tényezők összefüggéseit vizsgálva igazolták, hogy sem az életkor (Minero és mtsai, 2001), sem a laktáció, illetve a vemhesség előrehaladottsága (Mohr és mtsai, 2002; Hopster és mtsai, 2002), sem a napszak (Hagen és mtsai, 2005) nincsenek statisztikailag is alátámasztható hatással a szív működésre. Azonban egyes szerzők (Hagen és mtsai, 2005) a különböző testhelyzetek (fekvés és állás) között szignifikáns eltérésekről számoltak be. A napi tejhozam és a HRV közötti összefüggések egyelőre tisztázatlanok.

Többen is megállapították (Neuffer és mtsai, 2004; Hagen és mtsai, 2005; Gygax és mtsai, 2008), hogy a fejésnek, mint technológiai tényezőnek, valamint a különböző fejési rendszereknek nincs olyan élettani szempontból jelentős hatása a szervezetre, mely a HRV vizsgálatán keresztül a stressz különböző szintjeivel összefüggésbe hozható lenne.

A különböző betegségek élettani hatásait vizsgáló kutatások eredményei (Mohr és mtsai, 2002; Pomfrett és mtsai, 2004) egyértelműen bizonyítják, hogy a patofiziológiai stresszorok is hasonló kihívásokat jelentenek az állatok számára, mint a fizikai környezetből származó ingerek, melyekkel az állat szervezetének meg kell küzdenie.

A HRV tanulmányozásával foglalkozó publikációk összefoglaló értékelése ugyan további kérdéseket vethet fel a módszer rutinszerű alkalmazását illetően, mégis, a szakirodalmak áttekintő elemzése után láthatóak az eljárás előnyei és a benne rejlő lehetőségek. A vizsgálatok túlnyomó többsége ugyanis igazolta a HRV alkalmazását a különböző tartási körülmények és menedzsmentbeli gyakorlatok következtében fellépő változatos környezeti hatásokból eredő stressz meghatározására.

Véleményünk szerint a HRV vizsgálata jelentős nem invazív eljárása lehet a szarvasmarhában végzett viselkedésetlettani kutatásoknak, akár hazánkban is. Úgy gondoljuk, hogy kellő vizsgálati tapasztalat birtokában a HRV módszerével a korábbiaknál jóval pontosabb magyarázatokat adhatunk a szarvasmarha-tenyésztés egyes állatjóléti kérdéseire is.

Az eddig megjelent publikációkat tekintve úgy tűnik, hogy a viselkedési megfigyelések és fiziológiai vizsgálatok a közeljövőben kézzelfogható segítséget nyújthatnak a tartástechnológiából adódó stresszorok felderítésére és azok enyhítésére. A HRV módszerével egyúttal a korábbiaknál jóval pontosabb magyarázatokat adhatunk egy sor olyan jelenségre, melyek hatással vannak a termelésre azáltal, hogy az állatok közérzetét közvetlenül vagy közvetett módon befolyásolják. E kutatások eredményei hosszabb távon lehetővé tehetik a tejelő tehéntartás és a borjúnevelés technológiai elemeinek korszerűsítését, továbbá az eddigi munkafolyamatok ártértékelését is.



### Rövidítések jegyzéke (részletes ismertetésüket lásd: 1. közlemény)

LF	Az alacsonyfrekvenciás komponens spektrális teljesítménye
HF	A nagyfrekvenciás komponens spektrális teljesítménye
LF/HF	Az alacsony- és nagyfrekvenciás komponensek aránya
TPW	Teljes spektrális teljesítmény
HRV <sub>index</sub>	Az IBI-jelek sűrűségi eloszlása az IBI-jelek maximumától számítva
RMSSD	A szomszédos IBI-jelek különbségének négyzetgyöke
RR átlag	Az IBI-jelek hosszának egy adott jelszakaszra számított átlaga
SDNN	Az IBI-jelek teljes jelszakaszra számított szórása
SDANN	Az 5 perc alatt detektált IBI-jelek átlagértékeinek szórása
STD	A HR-értékek szórása
%DET	Az átlósan emelkedő egymást követő pontok százalékos aránya
%REC	Az egymást követő pontok százalékos aránya a teljes többdimenziós térben
L <sub>MAX</sub>	A leghosszabb átlós szakasz a többdimenziós térben
SD1	A Poincaré-grafikon pontjainak azonosság-egyenestől merőleges szórása
SD2	A Poincaré-grafikon pontjainak azonosság-egyenestől párhuzamos szórása

### IRODALOM

- Albright, J.L. – Arave, C.W. (1997): The behaviour of cattle. CAB International, Wallingford, Oxon, United Kingdom. 306
- Borell von, E. (2001): The biology of stress and its application to livestock housing and transportation assessment. J. Anim. Sci., 79. 260–267.
- Boissy, A. – Le Neindre, P. (1997): Behavioral, cardiac and cortisol responses to brief peer separation and reunion in cattle. Physiol. Behav., 61. 693–699.
- Clabough, D.L. – Swanson, C.R. (1989): Heart rate spectral analysis of fasting-induced bradycardia of cattle. Am. J. Physiol. Heart Circ. Physiol., 257. 1303–1306.
- Clapham, W.M. – Fedders, J.M. – Swecker Jr., W.S. – Scaglia, G. – Fontenot, J.P. (2007): Heart rate variation: does it indicate stress in calves at weaning? Kézirat.
- Després, G. – Veissier, I. – Boissy, A. (2002): Effect of autonomic blockers on heart period variability in calves: evaluation of the sympatho-vagal balance. Physiol. Res., 51. 347–353.
- Forkman, B. – Boissy, A. – Meunier-Salaün, M.C. – Canali, E. – Jones, R.B. (2007): A critical review of fear tests used on cattle, pigs, sheep, poultry and horses. Physiol. Behav., 92. 340–374.
- Gygax, L. – Neuffer, I. – Kaufmann, C. – Hauser, R. – Wechsler, B. (2008): Restlessness behaviour, heart rate and heart-rate variability of dairy cows milked in two types of automatic milking systems and auto-tandem milking parlours. Appl. Anim. Behav. Sci., 109. 167–179.
- Hagen, K. – Langbein, J. – Schmied, C. – Lexer, D. – Waiblinger, S. (2005): Heart rate variability in dairy cows – influences of breed and milking system. Physiol. Behav., 85. 195–204.
- Hagen, K. – Lexer, D. – Palme, R. – Troxler, J. – Waiblinger, S. (2004): Milking of Brown Swiss and Austrian Simmental cows in a herringbone parlour or an automatic milking unit. Appl. Anim. Behav. Sci., 88. 209–225.
- Hopster, H. – Blokhuis, H.J. (1994): Validation of a heart-rate monitor for measuring a stress-response in dairy-cows. Can. J. Anim. Sci., 74. 465.
- Hopster, H. – Bruckmaier, R.M. – van der Werf, J.T.N. – Korte, S.M. – Macuhova, J. – Korte-Bouws, G. – van Renen, C.G. (2002): Stress responses during milking; comparing conventional and automatic milking in primiparous dairy cows. J. Dairy Sci., 85. 3206–3216.

- Hopster, H. – Joop, T. – van der Werf, N. – Blokhuis, H.J. (1998): Side preference of dairy cows in the milking parlour and its effects on behaviour and heart rate during milking. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 55. 213–229.
- Janžekovič, M. – Mursec, B. – Janžekovič, I. (2006): Techniques of measuring heart rate in cattle. *Tehni ki Vjesnik*, 13. 31–37.
- Kleiger, R.E. (1995): Heart rate variability and mortality and sudden death post infarction. *J. Cardio-vasc. Electrophysiol.*, 6. 365–367.
- Malik, M. – Bigger, J.T. – Camm, A.J. – Kleiger, R.E. – Malliani, A. – Moss, A.J. – Schwartz, P.J. (1996): Heart rate variability. Standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. *Eur. Heart J.*, 17. 354–381.
- Manzo, A. – Ootaki, C. – Kamohara, K. – Fukamachi, K. (2009): Comparative study of heart rate variability between healthy human subjects and healthy dogs, rabbits and calves. *Lab. Anim.*, 43. 41–45.
- Minero, M. – Canali, E. – Ferrante, V. – Carenzi, C. (2001): Measurement and time domain analysis of heart rate variability in dairy cattle. *Vet. Rec.*, 149. 772–774.
- Mohr, E. – Langbein, J. – Nürnberg, G. (2002): Heart rate variability: A noninvasive approach to measure stress in calves and cows. 75. 251–259.
- Neuffer, R. – Hauser, L. – Gygas, C. – Kaufmann, B. – Wechsler (2004): Behaviour of dairy cows milked in two automatic milking systems. *Proc. of the 38th Int. Congr. ISAE, Helsinki, Finland*, 82.
- Pomfrett, C.J.D. – Glover, D.G. – Bollen, B.G. – Pollard, B.J. (2004): Perturbation of heart rate variability in cattle fed BSE-infected material. *Vet. Rec.*, 154. 687–691.
- Stewart, M. – Stafford, K.J. – Dowling, S.K. – Schaefer, A.L. – Webster, J.R. (2008a): Eye temperature and heart rate variability of calves disbudded with or without local anaesthetic. *Physiol. Behav.*, 93. 789–797.
- Stewart, M. – Webster, J.R. – Schaefer, A.L. – Stafford, K.J. (2008b): Infrared thermography and heart rate variability for non-invasive assessment of animal welfare. *ANZCCAART News*, 21. 1–4.
- Stewart, M. – Webster, J.R. – Stafford, K.J. – Schaefer, A.L. – Verkerk, G.A. (2010): Technical note: Effects of an epinephrine infusion on eye temperature and heart rate variability in bull calves. *J. Dairy Sci.*, 93. 5252–5257.
- Waiblinger, S. – Menke, C. – Korff, J. – Bucher, A. (2004): Previous handling and gentle interactions affect behaviour and heart rate of dairy cows during a veterinary procedure. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 85. 31–42.

#### KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS:

A Balassi Intézet Magyar Ösztöndíj Bizottsága (MÖB) és a Deutscher Akademischer Austauschdienst (DAAD) nemzetközi együttműködés támogatásával. Projekt szám: MÖB/38-8/2010.

Érkezett: 2011. június

Szerzők címe: Kovács L. – Szentléleki A. – Tőzsér J.  
Szent István Egyetem  
Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar  
Állattenyésztés-tudományi Intézet

Authors' address: Szent Istvan University  
Faculty of Agricultural and Environmental Sciences  
Institute of Animal Husbandry  
H-2103 Gödöllő, Páter Károly u. 1.  
Kovacs.Levente@mkk.szie.hu